

銅精煉先進經驗

A. M. 科馬洛夫 著

重工業出版社

銅 精 煉 先 進 經 驗

A • M • 科馬洛夫 編著

唐延祐 • 馮國魁 合譯

А. М. КОМАРОВ
ОПЫТ НОВАТОРОВ ЗАВОДА „КРАСНЫЙ ВЫ-
БОРЖЕЦ“ А. С. ПОДМОСТКОВА и А. И. ЛЯГИНА
Металлургиздат 1951

* * *

銅精煉先進經驗

唐延祐、馮國魁譯

重工業出版社（北京西直門內三官廟十一號）出版
北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠 印

一九五四年十二月第一版

一九五四年十二月北京第一次印刷（1—2,130冊）

787×1092 • $\frac{1}{32}$ • 22,000字 • 印張 1 • 定價 2,200 元

* * *

發行者 新華書店

序 言

列寧格勒「紅色魏伯爾」工廠是社會主義競賽的搖籃。該廠以米哈依爾·普金爲首的整修工作組在一九二九年二月十五日簽訂了全國第一個社會主義競賽合同。

「紅色魏伯爾」工廠是一個曾經廣泛推行，並且仍在推行着先進的勞動組織方法的企業。

戰後的幾年來，該廠更以新的力量，爲爭取更好地利用設備、採用快速工作法，以及生產高質量產品，而展開了斯達哈諾夫生產革新者的競賽。

在競賽過程中，工廠裡最年老的熔煉工 А. С. 波得莫斯特科夫與 А. Н. 列金同志不僅達到了銅精煉爐工作的高度生產指標，而且按照新的方法解決了加速熔煉過程（列金同志）和降低銅在爐渣中的損失（波得莫斯特科夫同志）等問題。

爲了降低銅在爐渣中的損失，波得莫斯特科夫同志提出了，並成功地進行了關於考查加入的熔劑對爐渣中銅損失的影響這一問題의初步研究工作。

列金同志深入地研究了縮短精煉爐熔銅過程各個操作時間的可能性，並且顯著地縮短了熔煉時間。

波得莫斯特科夫及列金同志與工廠的工程師們在工作中緊密團結，經常與 Я. В. 庫切波夫工程師共同研究。工廠的黨和工會組織，對於波得莫斯特科夫與列金同志爲降低爐渣中的銅損失和縮短熔煉時間的鬥爭，給予經常的幫助。

這本小冊子是有色冶金部中央情報院主任研究員 А. С. 平克工程師根據該廠的資料編寫的，並經有色金屬加工工業管理總局局長 А. М. 科馬洛夫工程師校訂。

原書名：

〔紅色魏伯爾〕工廠革新者 А. С. 波得莫斯特科夫和 А. И. 列金的經驗

目 錄

序 言

〔紅色魏伯爾〕工廠如何降低銅在精煉爐渣中的損失..... 1

1. 概論..... 1

2. 煉爐的工作條件..... 2

3. 波得莫斯特科夫工作法的特點..... 3

（1）不加熔劑的試煉..... 6

（2）採用氧化亞銅置換法的試煉..... 9

（3）採用氧化亞銅混合置換法的試煉..... 13

（4）加馬丁爐渣的試煉..... 15

4. 結論..... 18

〔紅色魏伯爾〕工廠銅精煉的快速熔煉法..... 23

「紅色魏伯爾」工廠如何降低銅在 精煉爐爐渣中的損失

1. 概 論

「紅色魏伯爾」工廠進行銅的熔煉和精煉，出產各種尺寸的扁形和圓形銅錠，這些銅錠可用於壓延和壓鍛。通常，在配料中常摻入大量（30—40%）的廢件與廢料（銅線、銅屑等），這些廢件與廢料常混雜有其他種金屬，必須進行細緻的火法精煉，以便除去鉛、鎢、錫及其他雜質。在這些廢料中還時常含有大量的土質混雜物。因此，熔煉和精煉這種混有雜質的再生銅，就生成大量爐渣，其數量有時達到爐料重量的3.5%。

工廠在開始進行降低銅損失的實驗工作以前，爐渣中的平均含銅量約佔爐渣的一半。這種精煉爐渣須在小型鼓風爐中再行熔煉；這樣，含銅量便降低到15—16%。把這種貧渣再送到再生金屬廠，以便把銅全部提煉出來。也就是把爐渣與各種廢料煉成粗銅，然後在反射爐中進行精煉，最後進行電解。這樣複雜的處理精煉爐渣的方法，常消耗和損失大量的銅。

因此就有必要：

- （1）減少精煉爐渣的數量；
- （2）降低爐渣中的含銅量，使運往再生金屬廠的爐渣含銅量達到最小程度。

爲了解決這些問題，熔煉工長 A. C. 波得莫斯特科夫在 Я. Б. 庫切波夫工程師的幫助和指導下，於1951年年初進行了研究工作，結果使本廠爐渣中的含銅量得到顯著的降低。

阿納托里·斯大尼斯拉沃維奇、波得莫斯特科夫是在1922年到「紅色魏伯爾」工廠當輔助工人的，波得莫斯特科夫同志有系統的提



A. G. 波得莫斯特科夫在工廠技術會議上作報告的情形

高了自己的技術水平，積累了豐富的經驗，並且完全掌握了有色金屬熔煉工的業務。到1939年波得莫斯特科夫同志加入了共產黨的隊伍。

他從社會主義勞動工長訓練班畢業後，被提昇為熔煉車間的工長。

波得莫斯特科夫同志善於鑽研，他堅決地要尋找減少爐渣中金屬損失的方法。波得莫斯特科夫同志在實驗工作中與本廠的工程師們團結合作，終於實現了自己的理想，大大地減少了爐渣中的含銅量。

2. 煉爐的工作條件

大家知道，銅的火法精煉包括：（1）爐料的熔化，在這個過程中，所有土質混雜物也被熔化，在液體銅表面生成爐渣；（2）用氧化焰或壓縮空氣氧化液體銅，以去除有害雜質（這些雜質也轉入爐渣中）；（3）插「青木」（樺樹或松樹原木）入熔池，繼續還原熔池中過剩的一氧化銅。

當熔融的銅含有難氧化的雜質（錫、鎳、銻、鉛）時，就必須以大量的氧（氧化亞銅）飽和之。因此當精煉含雜質較多的再生銅時，

鼓風與青木還原的過程便要拖長。在這些作業過程中，被氧化亞銅所飽和的金屬濺出液猛烈地冲蝕爐頂與爐牆，使爐頂與爐牆受到機械的損壞。此外，內襯還會被氧化亞銅溶解，生成易熔的矽酸銅（熔點 $1040-1092^{\circ}\text{C}$ ）。因之，除由配料中的土質混雜物及由已被氧化的雜質構成爐渣外，還有大量的爐渣是由於爐子的耐火磚特別是酸性耐火磚的損壞與侵蝕而產生的。

酸性矽磚爐頂的壽命往往不超過20晝夜，爐牆亦不超過兩個月，也就是說，在很短的期間內會有幾十噸耐火磚變成爐渣，因而大大地增加了爐渣的生成量與銅的損失量。

現在，「紅色魏伯爾」工廠的精煉爐已全部改建了。爐子的改建大大地減輕了管理工作，而且使它在高溫下能夠進行更強烈的銅精煉過程。

在鑄造車間中建有傾動式精煉爐（圖1），爐牆與爐頂的結構是新型的。爐頂和爐牆是用直徑為30—40公厘，長250公厘的鐵管建成，管內用鎂砂粉填充，然後用鎂砂粉加水玻璃搗砌。為了減少熱損失，爐牆與爐底覆蓋有8—10公厘厚的石棉板絕熱層，以及一層 $\frac{1}{4}$ 磚厚的絕熱耐火泥層以保護之。爐底是燒結石英。進料口與爐門的框架設有水套。爐門襯有美砂，使用壓縮空氣裝置或附有電鈕操縱的電動提昇機進行昇降。這種鐵鎂內襯爐子的壽命可達5—6個月，而爐門的使用期限比較更長些，一個爐門可維持到爐子的幾個壽命。

爐子用重油加熱，使用高壓（4—5氣壓）噴油器，並壓進二次空氣。爐子兩側設有橋式吊車，爐子進料工作實行了部分的機械化。這種繁重的作業是用所謂「吊車式鑷」來進行的。

3. 波得莫斯特科夫工作法的特點

當採用極堅固的鐵鎂內襯爐進行銅的精煉時，雖然採取了各種方法來減少精煉爐渣，但爐渣的數量仍常常佔爐料量的3.5%，並且進入爐渣中的銅量仍在工廠的銅平衡表內佔顯著的數量。

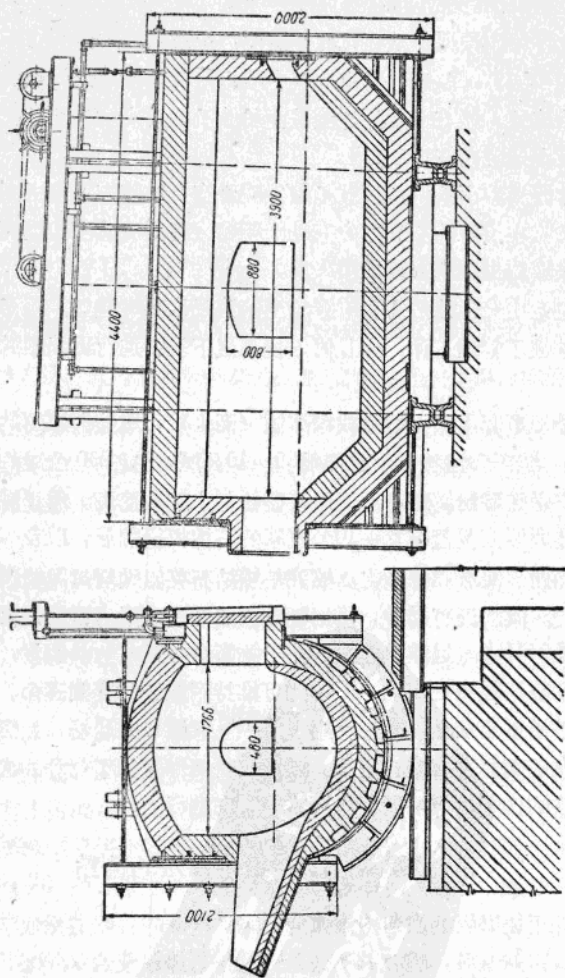


圖 1 傾動式精煉爐的橫截面和縱截面



A. C. 波得莫斯特科夫

表 1 是 1950 年逐月統計的渣量佔配料量的百分率，以及爐渣中的銅佔所處理的全部配料含銅量的百分率。

表 1

月 份	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
渣量佔配 料量的%	2.07	3.04	2.06	2.26	3.27	3.42	2.43	2.81	3.59	2.77	2.92	2.81
進入渣中 的銅佔配 料中銅的 %	0.99	1.45	0.98	1.09	1.56	1.63	1.16	1.34	1.71	1.32	1.39	1.34

(1) 不加熔劑的試煉

首先決定要弄清的是如果不在渣中加入附加料，渣量及渣中的含銅量可以減少到什麼程度。

大家知道精煉渣是渣子本身（熔化的矽酸銅及其雜質）與顆粒狀和濺點狀金屬銅的一種機械混合物。

爲了減少由於配料中的土質混雜物而生成的渣量，採取了一些必要的辦法，以便盡可能完全除去在搬運時混入配料中的雜物，並保證爐子裝料台保持最大限度的潔淨。修理門坎及爐底斜坡時，盡可能地注意不留存剩餘的砂和泥。在必要的地方，都不得有機械的破損，補爐時特別細心，以免增加渣量。

在另一方面，爲了減少渣中顆粒狀及濺點狀銅量，也採取了一些措施。爲此將爐膛加熱到使精煉爐渣達到酪漿狀態。如果爐渣過於稀薄，則拋進木炭粉（碎木炭）或濕潤的木屑，用木耙子把爐渣扒到鐵板上或乾淨的錠模內。當扒渣時把爐渣先移到靠出渣口爐坎附近，以免木耙把金屬顆粒與銅水隨爐渣一起扒出。爐渣扒出後立即移開，以免鼓風時飛濺的銅水落到上面。

波得莫斯特科夫同志運用了所有可以減少渣量及爐渣中含銅量的方法，進行了五次熔煉。將每次熔煉的爐渣稱量和磨碎，並從中選取平均試樣送去分析。關於渣量與渣中的銅損失數字見表 2

表 2

指 標 \ 煉熔號次	35/1	45/1	60/1	13/2	148/2	註
產渣率, %	2.6**	1.4	1.3	3.5**	1.8	
渣中銅的損失量佔配 料%	0.79	0.38	0.39	1.23	0.4	
爐渣中的機械混合銅%	6.7	—	6.8	3.0	13.0	15.0*
爐渣中的化合銅, % ..	24.4	—	23.7	32.6	11.4	11.3*
* 自一月一日至二月七日全部熔煉爐渣的平均試樣						
** 熔煉時在配料中約加 8% 的氧化銅皮						

自表 2 可以看出, 在這些次熔煉當中, 渣中顆粒狀與殘點狀銅的機械損失率, 已達到非常低的百分數。在爐渣中顆粒狀銅的含量已達到 3% 到 7% (13/2, 35/1 與 60/1 等熔煉號) 這樣低的程度, 這只有當熔煉工具有高度的技巧, 並特別用心地來完成每一個作業時才能保證做到。

為試煉而製定的這種操作制度, 被車間所有的熔煉工所採納, 並在車間工作中已達到良好的指標。這一點可以從表 3 的數字看出。

表 3

指 標 \ 月 份	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月
產渣率, %	1.95	1.46	1.27	1.75	1.28
渣中含銅量, % ..	36.1	26.3	25.1	18.8	23.4
馬丁爐渣加入量, %	9.0	10.6	25.1	17.9	22.9
換算成為原渣後的 含銅量 (未稀釋 前)	39.2	29.1	31.5	22.2	28.7

同時在表 2 中指出, 有三次熔煉的爐渣中所含化合銅還是很多

(24—32%) 的。比較最低的一次是 148/2 次熔煉的爐渣(11.4%)，並且在進行這一項工作的時期中，爐渣的平均試樣是 11.3%。因之，根據第一次試驗結果可以得出結論，即機械混合銅(顆粒狀銅)的含量要看爐渣的粘性而定，換句話說，最終是要看熔煉工的工作經驗與工作質量而定。在含化合銅比較低的兩個試樣中，也可以同樣假設，按熔煉條件或渣液狀態及其成分的不同，熔化的或化合的氧化亞銅的含量也大大地低於一般含量。由此必須確定什麼條件可以保證降低爐渣中的銅損失。

爐渣在銅精煉時起着非常重要的作用。因為爐內保持着氧化氣氛，所以當配料熔化時，生成的爐渣被氧化亞銅飽和。熔化的銅液部分受氧化，並滲入爐渣中使其被氧化亞銅飽和。因此在銅熔化以後到鼓風前，有時爐渣仍含有過飽和的氧化亞銅，而且爐渣與液體銅之間的平衡，是靠氧化亞銅自爐渣轉移到金屬中。

通常，是在爐內保持強氧化氣氛的情況下進行吹銅的，生成氧化亞銅大部分是由於銅液飛濺到爐內氣體中，因而被強烈氧化所致。被氧化亞銅飽和的銅粒不斷落到渣面上，浸入渣內並使更多的爐渣被氧化亞銅飽和。在吹銅過程中和結束以前，其聚集程度是逐漸增加的，因為氧化亞銅在一般精煉爐渣中的可溶性，實際是無限度的。正是由於這個原因，在試煉時向爐膛吹風以前要將大部爐渣扒出。

在扒渣以前，為了使氧化亞銅在爐池內均勻分佈，並降低其在渣中的濃度，扒渣前在氧化氣氛中進行短時的「青木還原」，亦即用青木攪動金屬。

這樣用「青木還原」或攪動爐池，可使全部金屬中的氧化亞銅濃度達到均勻程度，並使全部爐渣與金屬密切接觸，而使游離的氧化亞銅由渣中移入金屬中去。此外攪動爐池時可使上次熔煉時遺留於爐底上的渣子漂浮到表面上。

這種在除渣以前用青木預先攪動金屬的方法，通常是在銅電解工廠精煉爐(陽極鑄造爐)上採用，以便減少渣中氧化亞銅含量或稱

[淨渣]。此時含大量(60—70%)氧化亞銅的非常稀薄的爐渣即貧化了，並且變濃，便於扒出。在試煉中這種辦法產生了良好的效果。因為渣中的總含銅量較開始研究這項工作之前大大地降低了，並且根據降低氧化亞銅濃度的方法而得到顯著的降低(熔煉號148/2)。

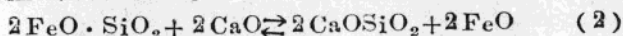
(2) 採用氧化亞銅置換法的試煉

解決了改變渣子狀態的問題以後，也就是以短時攪動還原法消除了超過平衡狀態的氧化亞銅過飽和現象以後，又提出了另外一個進一步降低渣中氧化亞銅含量的任務。

很久以前就已經知道，並且已經在實際生產中廣泛採用了以氧化亞鐵置換渣中氧化鉛的反應：

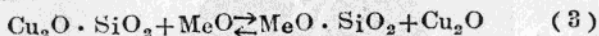


或在鼓風爐過程中以氧化鈣置換氧化亞鐵及其矽酸鹽的反應：



置換出的氧化物，如其溶解度很大，即在渣中成游離狀態。

大家知道，氧化亞銅在精煉爐渣中的溶解度是很大的。因此氧化亞銅自矽酸鹽化合物中置換出來以後，可得到過飽和氧化亞銅的爐渣，渣中氧化亞銅的濃度大於渣與銅成平衡狀態時的濃度，然後，再做短時間的攪動(青木還原)，使液體金屬吸收渣中的氧化亞銅，並達到平衡狀態。實際上如果渣中含有相當有效的足夠量的氧化亞銅置換劑攪動爐池時，爐渣貧化的過程應當是連續進行的，並且按下式進行相當完全的反應：

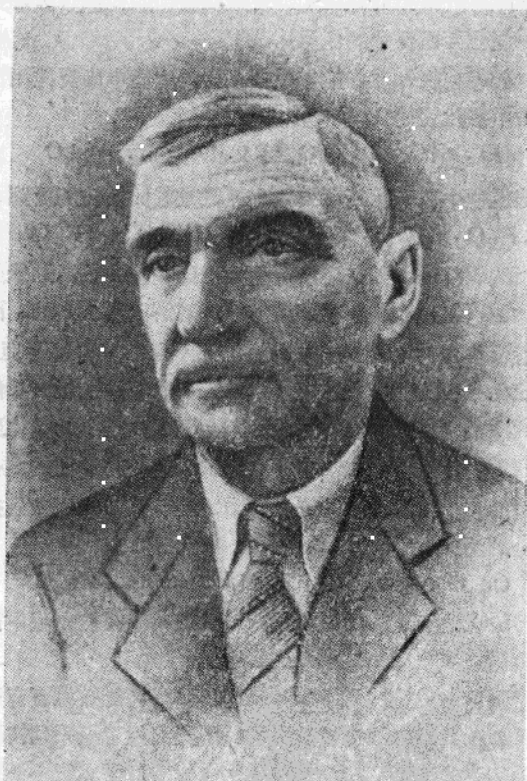


式中 MeO 是指某一種氧化物，或者是其他種能在渣中從氧化亞銅的矽酸鹽置換氧化亞銅的金屬化合物。

但是直到目前為止，還沒有可靠的科學資料能夠證實有那些化合物適用於將氧化亞銅自渣中置換出來。因此進行了一系列向渣中添加各種化合物的實驗熔煉，在選擇這些化合物時，考慮到不僅要能減少化合銅，而且要能達到沖淡爐渣的要求，以便很好的從渣中沉降出金

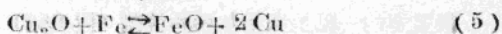
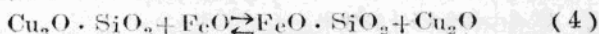
屬顆粒，並能扒出含機械混合銅較少的爐渣。

有一次試煉是用霞石（鋁矽酸鉀鈉，選洗礬灰石所剩的廉價的尾砂；含有氟的化合物）作為沖淡爐渣並置換出氧化亞銅的加添劑。曾有兩次熔煉以試驗螢石的影響為目的，因為螢石很能使爐渣稀釋。有一次熔煉添加了細碎的氧化鐵屑，預料氧化亞鐵能自矽酸鹽中置換出氧化亞銅，氧化亞銅則繼續被鐵還原生成氧化亞鐵，此氧化亞鐵又重



R. B. 庫切波夫

新置換砒酸銅鹽中的氧化亞銅，並繼續還原而生成銅與一氧化鐵，如此連續反覆作用，其反應如下。



計算這一次熔煉的爐渣稀釋程度時，鐵是按一氧化物（FeO）換算的。

進行加添沖淡劑的試煉時，在其他方面全部操作過程與以前未用加添劑時完全一樣。

這些次熔煉和不加沖淡劑的一次標準熔煉（60/1），其結果均列於表4。

表 4

指 標	熔 煉 號 加添劑名稱	60/1	83/1	116/1	117/1	122/1
		無加 添劑	霞石	螢 石		鐵屑 (按 FeO 計算)
所加熔劑佔渣子的%		—	50	19.2	45.5	23.2
產渣率（稀釋渣）佔配料的%		1.3	1.0	1.4	0.7	1.0
渣中銅的損失佔配料含銅的%		0.39	0.16	0.36	0.21	0.25
渣中含銅	機械混合的	6.8	10.3	19.8	23.9	16.8
	化合的	23.7	6.3	6.2	5.9	7.0
	共計	30.5	16.6	26.0	29.8	23.8
渣含銅換 算為原來 (未沖淡 的) 渣含 銅, %	機械混合的	6.8	15.5	23.6	34.8	20.8
	化合的	23.7	9.5	7.4	8.6	8.6
	共計	30.5	25.0	31.0	43.4	29.4

表4所列為根據化驗室分析所得的渣中機械混合銅與化合銅的含量，並把它換算為原來的，亦即未被加添劑沖淡的爐渣總含銅量。作

這種換算的目的，是爲了說明自渣中置換出多少銅進入到金屬液中。因爲不做這種計算，就不知道由於使用不含銅的加添劑稀釋爐渣後，使渣中銅量降低的效果。

很重要的一點是採用加添沖淡劑（置換劑）已經達到了降低渣中銅量的目的，因爲這樣做比不用加添劑可以將更多的銅置換到金屬液中去。

從這一點來看，表 4 所列的熔煉效果應當認爲是很令人滿意的，儘管加螢石的一次熔煉（83/1）比不用加添劑時總含銅量降低了（不是 30.5% 而是 25.0%）；另一次熔煉（117/1）又大大地升高了（不是 30.5% 而是 43.4%），其他情形也是大致如此。這是由於比起一般熔煉，渣中銅的機械混合損失增高的緣故。

這次熔煉的結果，對於是否可能自精煉爐渣中置換出化合銅的問題，給了一個肯定的解答，即渣中的化合銅已顯著降低到 7.4—9.5%，而不是未用加添劑時的 23.7% 了。

渣中機械混合的一部分銅顯著增加，自 15.5% 增到 34.8%，而不是未用加添劑時的 6.8%，並不是由於爐渣工的工作不好，因爲在扒渣時已特別注意到不使銅星與銅粒落於渣中，而是由於被這種很有效的稀釋劑，即螢石所沖淡的爐渣的特點所引起的。據採用螢石生產特殊銅的經驗中得知，渣子含有螢石雜質後，就必須儘最大的可能快速扒渣，因爲爐渣很容易溶解難溶的雜質，並且當溫度稍微降低就很快凝固。這種渣子的第二個特點，就是有很大的流動性，並且其凝固過程沒有像矽渣那樣的過渡階段（凝乳狀，酪漿狀，濃粥狀）。目前精煉車間使用木製或鐵製耙子的扒渣法，含螢石的牛乳狀液體爐渣不易扒出，因爲爐渣會從耙子下面流過。考慮到這種爐渣不會有適於扒出的（凝乳狀，酪漿狀）狀態，因爲大部分爐渣都是在凝固成塊時扒出的，因此不可避免地就提高了機械混合銅的含量。

加螢石渣是一種含矽石較多的爐渣，上述性質表現的不顯著，因而含機械混合銅較少。